ÜBER DIE

ORGANISCHEN SUBSTANZEN DES MAINWASSERS

BEI

WÜRZBURG.

EIN BEITRAG ZUR FRAGE DER FLUSSVERUNREINIGUNG.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

KÖNIGL. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHILFE

VORGELEGT VON

ERNST MOSER

aus Cöslin in Pommern.

WÜRZBURG

DRUCK & VERLAG DER STAHEL'SCHEN UNIVERSITÄTS-BUCH- & KUNSTHANDLUNG

1887.

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

Dem Andenken

seines dahingeschiedenen unvergesslichen Vaters

und

seiner teuren Mutter

in

Liebe und Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549819_0205

Hygieinische Massregeln, die in einer bestimmten Einzelhinsicht für die öffentliche Gesundheit sorgen, existiren so lange, als es überhaupt eine Kultur und Gesellschaft der Menschen gibt.

Beobachtungen im alltäglichen Leben mussten den denkenden Mann auf die Ursachen gewisser Schädigungen in der öffentlichen Gesundheit aufmerksam machen und ihn dieselben klar erkennen lassen.

Je nach der Bildungs- und Entwicklungsstufe nun wurden im einzelnen Falle die als nothwendig erkannten hygieinischen Massregeln in die Form von religiösen oder Staatsgesetzen gekleidet.

Mit dieser Sammlung von Regeln, die beispielsweise die öffentliche Gesundheitspflege der Egypter, Israeliten, Griechen und Römer ausmachte, war aber noch lange keine Hygieine als Wissenschaft gegeben.

Wenn man für öffentliche Gesundheit sorgen will, so muss man zuerst wissen, was diese ist, und worin die gelegentlich auftretenden allgemeinen Störungen derselben ihrem Wesen nach bestehen.

Da gerade die Fragen der Biologie aber unverhältnissmässig komplizirter und schwieriger zu lösen sind als die dem Gebiete der anorganischen Natur entnommenen, so war eine weitgehende Entwickelung unserer physikalischen und chemischen Kenntnisse, eine sehr subtile Ausbildung vor allem auch der anatomischen und physiologischen Untersuchungsmethoden die Voraussetzung für ein erfolgreiches Angreifen hygieinischer Fragen.

Es ist darum die jetzige experimentelle Hygieine das jüngste aber auch das hoffnungsreichste Kind unter den medizinischen Wissenszweigen.

Wie auf allen Gebieten der experimentellen Naturwissenschaften ist auch in der wissenschaftlichen Hygieine die allmählige Förderung unserer Gesammtkenntnisse nur möglich durch die sorgfältige Bearbeitung kleiner Einzelfragen.

Eine Frage, die in manchen Ländern jetzt schon von der weitgehendsten praktischen Bedeutung ist, und auch bei uns in Deutschland anfängt, an einzelnen Orten sich unangenehm fühlbar zu machen, ist die der Flussverunreinigung. In England hat diese Angelegenheit umfangreiche werthvolle Untersuchungen einer von der Regierung hiezu besonders eingesetzten Kommission hervorgerufen; bei uns wird diese Frage nach Bedürfniss von den Einzelbehörden in Angriff genommen, wo sie gerade „brennend" wird.

Die nachfolgenden Untersuchungen mögen ein kleiner Beitrag für die genaue wissenschaftliche Definition dieser Frage sein.

Von langer Zeit her haben die Bewohner der an Flüssen liegenden menschlichen Ansiedelungen ihre Auswurfstoffe sorglos den Flussläufen anvertraut, und diese Gewohnheit ist bis jetzt für die Wegschaffung der ästhetisch und hygieinisch offensiven Dinge menschlichen Haushaltes die gebräuchliche geblieben, bis eben Missstände grober Art für Jeden erkennbar zu Tage traten da, wo die Masse des Wegzuschaffenden in ungünstigem Verhältnisse stand zur Gesammtmenge des Flusswassers.

Eine Thatsache, die für diese Frage von grundlegender Bedeutung ist, hat man bereits lange erkannt: Das ist die Selbstreinigung der Flüsse.

Das, was als das hauptsächlich verunreinigende und auch als hygieinisch Schädliche in erster Linie von Allen gleichmässig angenommen wird, sind die faulenden organischen Substanzen. Auf sie beziehen sich darum auch besonders die Frage und die bisher angestellten Untersuchungen über die Selbstreinigung.

Von den zahlreichen über diesen Punkt bis jetzt vorliegenden experimentellen Arbeiten werde ich im Nachfolgenden nur die auf deutsche Verhältnisse bezugnehmenden wesentlich berücksichtigen.

Da der Gegenstand meiner Untersuchungen das Mainwasser bei Würzburg, und Würzburg selbst durchaus nicht Fabrikstadt, ist, so kommen hier besonders nur die vom menschlichen Stoff-

wechsel gelieferten Auswurfstoffe, welche durch ein sehr vollständiges Kanalnetz dem Maine zugeführt werden, in Betracht.

Gelegentlich werde ich auf die Versuche, welche über das Isarwasser ober- und unterhalb München von *Brunner* und *Emmerich* und des weiteren von *Fleck* über das Elbwasser bei Dresden angestellt worden sind und deren Ergebnisse rekurrieren.

Die fundamentale Thatsache, welche von verschiedenen Untersuchern für die einzelnen Flussläufe konstatirt worden ist, lautet so: „Das durch die Auswurfstoffe einer Stadt mit organischen Massen beladene Flusswasser verliert, falls seine Verunreinigung nicht sehr hochgradig ist, auf seinem Laufe durch eine dünn bevölkerte Gegend einen wesentlichen Theil dieser organischen Substanzen, so dass es schon wenige Kilometer unterhalb der Grossstadt fast dieselbe Reinheit besitzt wie oberhalb derselben."

Die für den Nachweis der organischen Substanzen meist benützte Methode ist die von *Kubel* modifizierte *Schulze*'sche Methode. Nach dieser wird durch eine wässerige Lösung von übermangansaurem Kalium von bestimmtem Gehalt die Oxydierbarkeit des Wassers geprüft. Aus der Menge der verbrauchten Chamäleonlösung wird ein Rückschluss auf den Gehalt des Wassers an organischer Substanz gemacht

Auch ich habe mich dieser Methode bedient. Die grossen Mängel, welche sie birgt, habe ich während meiner Untersuchungen selbst gelegentlich sehr lebhaft empfunden. Es ist aber, wenn man eine grosse Anzahl von vergleichenden Untersuchungen in kurzer Zeit anstellen muss, eine andere Methode nicht vorhanden, die auch nur in annähernd gleich kurzer Zeit ein bestimmtes Ergebnis lieferte.

Den Titre unserer Chamaleonlösung, die wir anfänglich alle zwei Tage, zuletzt täglich frisch bereiteten, stellten wir mit dem sehr reinen Wasser der hiesigen Wasserleitung fest unter der wiederholt als richtig befundenen Annahme, dass dasselbe immer die gleiche Menge von organischer Substanz führe. Das destillierte Wasser war viel weniger brauchbar, da es stets einen bedeutend höheren Gehalt an organischer Substanz aufwiess. Die immer wieder vorgenommenen Kontrolproben mit dem Leitungswasser ergaben die befriedigendste Uebereinstimmung.

In den nachfolgenden Tabellen sind stets die Originalzahlen des Versuchs, d. h. die von der Chamäleonlösung gebrauchten Kubikcentimeter und die daraus berechneten Theile Ka Mn O_4 auf 100,000 Theile Wasser eingesetzt.

Betreffs der oben erwähnten Abnahme der organischen Substanzen im Flusse konnte auch ich im hiesigen Mainwasser das gleiche auffällige Verhalten nachweisen. Ich untersuchte Wasser, das dem Maine oberhalb der Stadt, dann solches, das unterhalb der Einmündung der Abzugskanäle, und endlich solches, das oberhalb des Dorfes Retzbach, welches etwa 16 Kilometer unterhalb Würzburg liegt, entnommen war.

Die Resultate sind zusammengestellt in

Tabelle I.

12. November 1886

Ort	cm ^{3} Chamäleonlösung 100 cm ^{3} Wasser	Gramme Ka Mn O_4 auf 100,000 Wasser.
Oberhalb Würzburg	2,8	8,85
Unterhalb Würzburg nach Einfluss der Siele	7,45	23,54
Oberhalb Retzbach	3,7	11,70

Die Zahlen dieser Tabellen sind ausserordentlich bestimmt und eindeutig und übereinstimmend mit dem, was längst bekannt ist. Es verbrauchen demnach 100,000 Theile Wasser oberhalb Würzburg 8,85, unterhalb 23,54 und bei Retzbach 11,7 Theile Chamäleon zur Zerstörung der organischen Substanz.

Ueber die Ursache dieser Selbstreinigung sind nun die Autoren verschiedener Meinung. Im allgemeinen wird als die wesentlichste Ursache die Oxydation durch den Sauerstoff der Luft in dem vielfältig bewegten, strömenden Flusswasser angesehen. Dieser Auffassung aber widersprechen sehr gewichtige Stimmen, die auf dem bezeichneten Gebiete viel Erfahrung gesammelt haben. So spricht sich beispielsweise der Bericht der River Pollution Commission folgendermassen aus: „ . . . immer gelangen wir zu demselben unabweisbaren Schlusse, dass die Oxydation der im Kanalwasser vorhandenen organischen Substanzen mit äusserster Langsamkeit vor sich geht, auch wenn das Kanal-

wasser mit einer grossen Menge nicht verunreinigten Wassers vermischt wird, und dass es unmöglich ist anzugeben, einen wie weiten Weg solches Wasser zurücklegen muss, bis die aus dem Kanalinhalt herrührenden Stoffe vollständig oxydirt sind. Das aber kann mit Sicherheit aus den ausgeführten Resultaten abgeleitet werden, dass es keinen Fluss in Grossbritannien gibt, der lang genug wäre, um die Vernichtung des Kanalinhalts durch Oxydation herbeizuführen."

Dieser von den englischen Sachverständigen ausgesprochenen Meinung widersprechen zu zahlreiche Versuche, als dass wir die vielleicht für englische Verhältnisse geltende Folgerung auch auf die Zustände unserer Flüsse übertragen dürften. *Fleck*, der in seiner Schrift: „Ueber Flussverunreinigungen, deren Ursachen, Nachweis, Beurtheilung und Verhinderung" diese Ansicht zu der seinigen gemacht hat, scheint uns darum auch mit der hypothetischen Aufstellung anderer, die beobachtete Flussverunreinigung verursachender Momente nicht sehr glücklich zu sein. Er behauptet nämlich, dass sich die Erscheinung der Selbstreinigung der Flussläufe hauptsächlich nur auf folgende drei Ursachen zurückführen lasse:

1. auf die Verdünnung der verunreinigten Flussläufe durch einen Zutritt von reinem Quell- oder Grundwasser;

2. die Klärung des Flusswassers durch Ablagerung der suspendierten Stoffe;

3. auf die Reinigung des Flusswassers durch Erzeugung sich ausscheidender unlöslicher Verbindungen unter chemischer Wechselwirkung der zugeführten Effluvien und deren löslichen Bestandtheile auf einander.

Gleich dem ersten Satze kann ich unmöglich eine so grosse Bedeutung zugestehen, wie *Fleck* es wünscht. Eine wirksame Verdünnung einfach durch möglichst reines Wasser, das dem Flusse von den Seiten her zuströmt, wäre ja möglich. Aber man bedenke doch, was für Wassermassen nöthig wären, um den Gehalt von organischer Substanz beispielsweise auf die Hälfte zurückzuführen. Es müsste dem Flusse in der Zeiteinheit ebenso viel reines Wasser noch von seitwärts zugeführt werden, als er selbst an der Stelle, wo das verunreinigende Kanalwasser sich mit dem seinigen vermischt hat, in der Zeiteinheit führt. Ich kann mir diese oder etwa noch günstigere Fälle nur denken an Einmündungen von Nebenflüssen in den Hauptstrom, vorausgesetzt, dass dieser

ganz reines oder doch reineres Wasser führt als der Nebenfluss. Um dies nun auf unseren Fall anzuwenden, so bemerke ich vor allem, dass dem Maine von hier bis Retzbach durchaus keine Nebenflüsse, auch nur von der geringsten Bedeutung, zufliessen. Nun hat aber doch, wie wir nachgewiesen haben, die organische Substanz im Maine von hier bis Retzbach um die Hälfte abgenommen, was einer Verdünnung um das Doppelte gleich käme. Es wird aber wohl jeder zugeben, dass das Grundwasser, welches dem Maine auf der angeführten Strecke zufliesst, ein verschwindend kleines Quantum gegenüber der Wassermasse ist, mit welcher er bei Würzburg vorbeiströmt. Hier kann also keinenfalls durch Verdünnung diese ausserordentliche Abnahme an organischer Substanz erklärt werden; es muss ein anderer Faktor wirksam gewesen sein, und dieser wird seine Wirkung auch bei anderen Flussläufen geltend machen.

Die zweite These *Fleck*'s hat scheinbar viel für sich, denn sicherlich wird eine Ablagerung eines Theiles der im Wasser suspendierten Stoffe stattfinden. Aber wo bleiben diese? Sollen sie etwa für immer dort, wo sie einmal Halt gemacht haben, unverändert liegen bleiben? Dann würde wahrscheinlich bald jeder Fluss vollständig verschlammen. Ich meine doch, dass es nur eine Frage der Zeit ist, wenn diese als Schlamm niedergefallenen Stoffe sich dem Flusswasser als verunreinigendes Moment wieder beimengen, sei es durch Extraktion der löslichen Bestandtheile aus ihnen, sei es durch Zersetzung oder Verwesung.

Schliesslich bin ich der Ueberzeugung, dass *Fleck* auch die Bedeutung seines dritten Faktors für die Selbstreinigung der Flüsse, nämlich die Mineralisirung der organischen Stoffe weit überschätzt.

Einen neuen Gesichtspunkt in der Frage der Selbstreinigung der Flüsse zu prüfen, war die Aufgabe meiner nachstehend beschriebenen Versuche.

Es hat nämlich im vorigen Winter im hiesigen pharmakologischen Institut Herr *Dr. Rosenberg*[1]) umfängliche Untersuchungen über die Bakterien des Mainwassers angestellt und dabei folgende uns wesentlich interessierende Resultate gefunden:

1. Das Mainwasser enthält oberhalb der Stadt eine beträchtliche Anzahl von Bakterien.

[1]) Archiv für Hygiene Bd. V.

2) Die Zahl dieser Mikroorganismen ist unterhalb der Stadt nach der Einmündung der Siele eine ausserordentlich vermehrte sowohl nach den verschiedenen Formen als nach der Anzahl der Individuen.

3. Lässt man bakterienreiches Wasser von unterhalb der Stadt in geschlossenen Kolben längere Zeit hindurch stehen und prüft von Zeit zu Zeit den Gehalt an Mikroorganismen, so findet man, dass nach kurzdauernder Zunahme, allmählig eine immer weiter gehende Abnahme erfolgt, so dass schliesslich nur wenige Arten übrig bleiben.

Diese Thatsachen schon, vor allem aber die ganz allgemein angenommene Lehre von der Bedeutung der Fäulniss- und Verwesungsprozesse im gesammten Stoffkreislauf der Natur, — Zerstörung der Abgestorbenen unter Bildung der elementaren Pflanzennahrungsstoffe (Kohlensäure, Wasser und Salpetersäure) — lieferten die grundlegenden Ueberlegungen, ob und wie weitgehend eine Beteiligung der Bakterien an der Reinigung der Flüsse von organischen Substanzen zu konstatieren sei.

Die erste Versuchsreihe wurde folgendermassen durchgeführt. Einige Hundert Schritte unterhalb der Einmündung der Siele (vereinigte Pleichach und Kürnach) wurden aus der Mitte des Maines zwei grosse Glasgefässe mit Wasser gefüllt und in das Laboratorium gebracht. Die eine Flasche A blieb bei der mittleren Temperatur von etwa 18—20° C. ruhig stehen, das Wasser der anderen Flasche B aber wurde gekocht um die darin enthaltenen Keime zu töten. Aus beiden Gefässen, die mit Baumwollpfropfen von Anfang an zur Verhütung weiterer Staubverunreinigung gut geschlossen waren, wurden täglich je 100 cm^3 zur Bestimmung der Oxydierbarkeit entnommen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind zusammengestellt in Tabelle II.

Als Erklärung zu dieser Tabelle mögen folgende Bemerkungen dienen: Das Wasser in der Flasche B stand im grossen Wasserbade, welch' letzteres täglich durch einige Stunden auf Siedetemperatur erhalten wurde. Dass durch diese Massregel dennoch nicht alle Keime getödet wurden, ist am schlagendsten dadurch erwiesen, dass immer bei Aussaat auf Nährgelatine Bakterien daraus gezüchtet werden konnten. Sämmtliche in die Tabellen eingetragene Zahlen sind das Resultat aus wenigstens zwei Versuchen. War keine Uebereinstimmung der beiden Resul-

tate vorhanden, so wurden weitere Versuche gemacht und darum das Mittel gezogen.

Tabelle II. [1])

Tag der Untersuchung.	Versuch Nr.	A. Ungekocht		B. Gekocht	
Oktober					
9	1	7,85	24,81	7,65	24,17
11	2	6,00	18,96	7,40	23,38
12	3	5,50	17,38	6,80	21,49
13	4	5,20	16,43	6,50	20,54
14	5	5,00	15,80	6,00	18,96
15	6	5,00	15,80	6,00	18,96
16	7	5,00	15,80	6,20	19,59
18	8	5,40	17,06	6,70	21,17
19	9	6,10	19,28	7,00	22,12
20	10	6,10	19,28	7,20	22,75
21	11	7,10	22,44	7,65	24,17
22	12	7,15	22,59	7,00	22,12
23	13	7,30	23,07	7,05	22,28

Die Resultate der Versuche sind, obgleich die beabsichtigte Tötung aller Keime nicht vollkommen erreicht war, immerhin interessant und liegen im allgemeinen in dem Sinne, wie es die oben angeführte aprioristische Ueberlegung verlangt.

Es fällt anfangs in beiden Wasserproben die Menge der organischen Substanz, aber in dem ungekochten, also bakterienreichen Wasser schneller. Dann bleibt bis zum 18. Oktober, dem 10. Tage nach Entnahme des Wasser, in beiden Proben der Chamäleonverbrauch ein konstanter, jedoch immer so, dass der Verbrauch in dem gekochten Wasser ein absolut grösserer ist als in dem ungekochten. Von nun an zeigen beide Wasserproben in sehr merkwürdiger Weise ein Wiederansteigen der zur Oxydation gebrauchten Menge von Chamäleonlösung.

[1]) Die erste Rubrik (kleinere Zahlen) der Abtheilung A giebt die zur Oxydation der in 100 cm³ Wasser vorhandenen organischen Substanz nothwendige Menge unserer Chamäleonlösung in cm³ an. Die zweite Rubrik (grössere Zahlen) die Gewichtstheile $KaMnO_4$, die zur Oxydation der in 100 000 Wasser vorhandenen organischen Substanz nothwendig sind.

Es ist dieses merkwürdige, auf den ersten Blick höchst auffällige Resultat schon gesehen worden von *Brunner* und *Emmerich*, [1]) die ebenfalls im Wasser, welches durch viele Wochen im Laboratorium gestanden hatte, nachträglich mehr organische Substanz fanden, als eine in der Zwischenzeit angestellte Probe ergeben hatte.

Brunner und *Emmerich* schoben dies Resultat auf das Pilzwachsthum im Wasser.

Wir können dieser übrigens nur flüchtig erwähnten Erklärung nicht beistimmen. Wenn nämlich eine gröbliche Verunreinigung des Wassers im Laboratorium, die *Brunner* und *Emmerich* gewiss auch zu vermeiden gewusst haben, ausgeschlossen werden darf, so kann durch Pilzwucherung nicht aus den im Wasser vorhandenen organischen Substanzen eine Gesammtvermehrung letzterer überhaupt erfolgen.

Alles, was wir über den Stoffwechsel auch dieser niedrigsten Lebewesen wissen, spricht mit aller Deutlichkeit dafür, dass durch die mit Wachsthum und Generation verbundenen Stoffwechselvorgänge mehr organische Substanz verbraucht, oxydiert wird als in den Individuen resp. den neugebildeten Wesen zur Ablagerung gelangt. Wenn in einer Nährlösung ein Milligramm Trockengewicht von Pilzsubstanz entsteht, so ist dazu mehr als ein Milligramm Trockensubstanz der Nährlösung verbraucht worden. Schon aus allgemein physikalischen Ueberlegungen müssen wir zu diesem Endresultat der gesammten stofflichen Veränderungen in dem besprochenen Beispiele kommen. Es kann also in einem fehlerfreien Versuch die organische Substanz unmöglich zunehmen.

Wir deuten uns vielmehr das auffallende Resultat von *Brunner* und *Emmerich*, welches wir durchgehends in unseren Versuchen bestätigt fanden, so dass durch den Stoffwechsel der Bakterien schwer oxydable Substanz des Wassers in leicht oxydable umgewandelt, gleichsam für das Chamäleon aufgeschlossen wird.

Die bisher über die Wirkungen des Chamäleon vorliegenden Beobachtungen sprechen ja mit aller Bestimmtheit aus, dass das übermangansaure Kalium nicht jedes organische Molekul unter

---

[1]) Zeitschrift für Biologie. XIV. Heft 2 Seite 262. 1878.

den gewöhnlich eingeführten Versuchsbedingungen zu Kohlensäure, Wasser und Salpetersäure oxydieren kann.

Es hat hiernach der Befund gar nichts auffallendes mehr an sich, dass in einer mit Bakterien durchsetzten Wasserprobe die Gesammtmenge der organischen Substanz abnimmt, während die durch den Chamäleonverbrauch ausgedrückte Oxydierbarkeit zunimmt.

Dies erscheint uns wenigstens als die plausibelste Erklärung für die durchaus immer wilderkehrende sonst paradoxe Thatsache.

Eine zweite Versuchsreihe, ganz analog der ersten durchgeführt, ist niedergelegt in

Tabelle III[1])

Tag der Untersuchung	Versuch Nr.	A. Ungekocht		B. Gekocht.	
Oktober					
11	1	7,40	23,38	—	—
12	2	5,65	17,85	7,00	22,12
13	3	5,20	16,43	7,15	22,59
14	4	5,20	16,43	7,00	22,12
15	5	5,10	16,12	6,90	21,80
16	6	5,10	16,12	7,00	22,12
18	7	5,00	15,80	7,00	22,12
19	8	5,10	16,12	—	—
20	9	5,20	16,43	6,00	21,80
21	10	5,45	17,22	—	—
22	11	5,45	17,22	—	—
23	12	5,40	17,06	—	—
25	13	5,45	17,22	—	—

Die Resultate bedürfen bei der Gleichartigkeit mit Tabelle II keiner weiteren Besprechung.

Eine dritte Versuchsreihe, die aus äusseren Gründen bald abgebrochen wurde, ist beschrieben in Tabelle IV.

[1]) Siehe Anmerkung bei Tabelle II.

Tabelle IV.[1])

Tag der Untersuchung	Versuch Nr.	A. Ungekocht		B. Gekocht	
Oktober					
21	1	7,40	23,38	—	—
22	2	6,40	20,22	—	—
23	3	5,20	16,43	6,00	18,96
24	4	4,80	15,17	9,00	18,96

Da wir bei den bereits erwähnten Reinkulturen in unserem gekochten Wasser immer noch Bakterien fanden, so beschlossen wir, um ganz sicher zu gehen, die Keime durch Sublimat zu vernichten. Um ausserdem den Einfluss der Oxydation durch den Sauerstoff der Luft in unserem Laboratoriumsversuch einigermassen nachzuahmen, so saugten wir durch Bunsen'sche Pumpen einen kontinuierlichen Luftstrom durch unsere Wasserkolben hindurch. Damit aber bei diesem Saugen Verunreinigung durch Luftkeime und Verdunstung unseres Versuchswassers vermieden werde, so wurde die Luft vor ihrem Eintritt in den Kolben zuerst durch ein 50 Cm lange mit Sublimatbaumwolle gefüllte Röhre, dann durch eine mit reinem Wasser beschickte Waschflasche, dann nochmals durch eine kurze mit Sublimatwatte gestopfte Röhre und jetzt erst in den Versuchskolben geleitet.

Der Versuch sah im Ganzen folgendermassen aus: Vier gleich grosse Kolben von je 5 Liter Inhalt wurden mit Mainwasser unterhalb der Stadt gefüllt. Der erste Kolben A blieb mit Wattepfropf gut verschlossen ruhig im Laboratorium stehen. Durch den zweiten Kolben B wurde kontinuierlich (4 Wochen lang) Luft gesaugt. Der Inhalt der dritten und vierten Flasche, C und D, wurde durch Zusatz einer entsprechenden Menge konzentrirter Sublimatlösung zu einer Solution von 1 : 1000 dieses Antiseptikums gemacht. Flasche C blieb wieder mit Wattepfropf verschlossen im Laboratorium ruhig stehen, Flasche D hingegen wurde wie Flasche B mit Luft behandelt. Das Gesammtresultat dieser Versuche ist niedergelegt in Tabelle V.

[1]) Siehe Anmerkung bei Tabelle II.

Tabelle V. [1])

Tag der Untersuchung	Versuch Nr.	A ohne Luft und ohne Sublimat		B mit Luft und ohne Sublimat		C ohne Luft und mit Sublimat		D mit Luft und mit Sublimat	
Oktober									
25	1	6,10	19,28	6,10	19,28	4,60	14,54	4,40	13,90
26	2	5,20	16,43	5,30	16,75	2,90	9,16	2,90	9,16
27	3	4,75	15,01	4,95	15,64	2,60	8,22	2,55	8,06
28	4	4,25	13,43	4,25	13,43	2,40	7,58	2,55	8,06
29	5	3,60	11,38	3,60	11,38	2,40	7,58	2,50	7,90
30	6	3,60	11,38	3,60	11,38	2,40	7,58	2,50	7,90
31	7	3,60	11,38	3,60	11,38	2,40	7,58	2,55	8,06
November									
1	8	3,50	11,06	3,55	11,22	2,30	7,27	2,50	7,90
5	9	3,60	11,38	3,55	11,22	2,40	7,58	2,55	8,06
9	10	3,60	11,38	3,60	11,38	2,30	7,27	2,45	7,74
13	11	3,50	11,06	3,55	11,22	2,30	7,27	2,45	7,74
23	12	4,30	13,59	4,40	13,90	2,40	7,58	2,45	7,74

Die Kolumnen A und B (Wasser ohne und mit Luft) gehen mit grosser Genauigkeit einander parallel, und auch das scheinbare Wiederansteigen in der Menge der organischen Substanzen geschieht gleichsinnig und gleichzeitig in beiden Proben.

Die Durchleitung von Luft hat somit auf die Verminderung der organischen Substanzen keinen Einfluss.

Wir wollen jedoch daraus nicht definitiv folgern, dass die Gegenwart des Sauerstoffs für die freie oder durch Bakterien vermittelte Oxydation gleichgültig sei, denn vor allem war der mit Wattepfropf verschlossene Kolbeninhalt A vom Luftzutritt nicht ausgeschlossen. Immerhin ist das Ergebniss interessant genug und als orientirender Vorversuch für künftige Proben werthvoll.

Zum Verständniss der in den Kolumnen C und D angegebenen Zahlen diene folgendes:

Der Zusatz von Sublimat brachte in dem Mainwasser einen starken Niederschlag hervor, der langsam sedimentirte. Die Natur dieses Sediments haben wir nicht weiter geprüft; dass aber in

[1]) Siehe Anmerkung bei Tabelle II.

den Niederschlag auch organische Substanzen mit eingegangen waren, bewiesen die niedrigen Zahlen der Reihe C und D.

Vor allem ist aus diesen Zahlen auch herauszulesen, dass der Sublimat seine Schuldigkeit gethan hat. Vom 28. Oktober, dem 4. Versuchstage, bis zum 23. November bleibt die gemessene Oxydierbarkeit des Wassers absolut konstant; die geringen Unterschiede nehme ich wie wohl jeder Beobachter als Versuchsfehler. Weder Abnahme noch spätere Wiederzunahme in der Menge der organischen Substanz ist hier zu konstatieren, ein Beweis vor allem, dass unsere oben ausgesprochene Ansicht von der allmäligen Aufschliessung der organischen Substanzen wahrscheinlich die richtige ist. Auffallend erscheint in den Versuchen die Abnahme, welche die organische Substanz in den beiden Proben C und D in den ersten 3 Tagen erfährt. Die einfachste Erklärung dafür scheint mir folgende: Der Sublimat ist ein sehr energisches Oxydationsmittel. Er wird bei Einwirkung des Lichtes in Gegenwart von organischen Substanzen zu Oxychloriden und Kalomel reduziert. Da nun unsere Kolben dem diffusen Tageslichte im Laboratorium ausgesetzt waren, so ist die vom Sublimat angreifbare organische Substanz allmählig oxydiert worden. Versuche, die ich besonders über diese Frage anstellte, ergaben ein ganz übereinstimmendes Resultat. Es nahm die messbare Oxydirbarkeit des Wassers nach dem Sublimatzusatz in den ersten Stunden langsam, dann rapide ab, um nach einiger Zeit auf einem konstanten Werthe stehen zu bleiben.

Anführen will ich hier, dass ich bei verschiedenen Versuchen, aus den Wasserproben C und D Plattenkulturen zu gewinnen, dieselben stets bakterienfrei fand, was wohl mit Sicherheit auf noch vorhandene Gegenwart von Sublimat schliessen lässt. Es ergab denn auch eine Prüfung der betreffenden Proben auf gelösten Sublimat, dass derselbe noch reichlich vorhanden war. Es ist dies Ergebniss insoferne interessant, als es beweist, dass durch mehrwöchentliches Zusammenstehen bestimmter organischer Substanzen mit einem so stark oxydirenden Agens, wie es der Sublimat bei Lichtgegenwart ist, die ersteren nicht angegriffen werden.

Am 29. November wurde schliesslich noch eine Versuchsreihe begonnen, Das Wasser war an der Stelle, wo auch die Proben für die anderen Versuche entnommen waren, geschöpft und zwar nur in 2 grossen Gefässen. Denn da wir gesehen hatten, dass das Durchleiten von Luft ohne Einfluss geblieben war, so konnten

wir die Versuche nach Behandlung des Wassers mit Luft fallen lassen. Ein Kolben A blieb gut verschlossen unverändert stehen, das Wasser des Kolbens B wurde wiederum durch Zusatz von conzentrirter Sublimatlösung zu einer Solution von 1 : 1000 dieses Antiseptikums gemacht.

Die Versuche wurden anfangs täglich, später in grossen Zwischenräumen während fast 12 Wochen angestellt.

Die Resultate sind zusammengefasst in

Tabelle VI. [1])

Tag der Untersuchung	Versuch Nr.	A ohne Sublimat		B mit Sublimat	
November					
29	1	6,30	19,91	4,70	14,85
30	2	5,20	16,43	3,20	10,11
Dezember					
1	3	4,50	14,22	3,10	9,80
2	4	3,80	12,01	3,10	9,80
11	5	2,50	7,90	3,10	9,80
29	6	2,50	7,90	3,10	9,80
Januar 1887					
5	7	2,55	8,06	3,20	10,11
Februar					
18	8	4,20	13,27	3,10	9,80

Die Resultate dieser Tabelle sind so gleichartig mit denjenigen der Tabelle V, dass sie keiner weiteren Besprechung bedürfen.

Ich bin mir sehr wohl bewusst, dass die vorstehend mitgetheilten Versuche wesentliche Lücken enthalten für eine vollgültige Beweisführung. Ich hatte auch eine Zeit lang die Absicht noch Bestimmungen des Ammoniaks, der salpetrigen Säure, der Salpetersäure und des Glührückstandes auszuführen, es war mir dies aber bei der Zeit, die mir zur Verfügung stand, leider unmöglich.

---

[1]) Siehe Anmerkung bei Tabelle II.

Immerhin scheinen mir die Versuche doch zu beweisen, dass unser Satz von der Verminderung der organischen Substanz durch die lebenden Bakterien eine experimentelle Bestätigung gefunden hat.

Merkwürdig und besonders hervorzuheben ist die Thatsache, wie der zeitliche Verlauf dieser Veränderung sich stellt. Es vermindern sich nämlich im Flusswasser, nachdem dasselbe die Siele einer grossen Stadt aufgenommen hat, die organischen Substanzen in kurzer Zeit sehr wesentlich bis auf eine geringe Höhe. Auf dieser bleibt dann der Gehalt an organischer Substanz im Wasser scheinbar sehr konstant stehen.

Es ist schon in der *Rosenberg*'schen Arbeit, die ja ähnliche Verhältnisse in der Aenderung der Bakterienzahl aufwies, darauf aufmerksam gemacht, dass die plausibelste Erklärung für diese merkwürdigen Dinge in der von *Brunner* und *Emmerich* ermittelten Thatsache der schweren Angreifbarkeit der im Wasser gelösten Huminsubstanzen liegt.

In ihrer überaus werthvollen Arbeit werden diese beiden Autoren durch ihre Versuche nämlich zu folgenden Schlüssen gedrängt;

1. Die organischen Stoffe des Isarwassers bei seinem Eintritt in die Stadt sind in ihrer Gesammtmenge Huminsubstanzen und als solche nicht leicht zersetzlich;

2. Die organischen Stoffe, welche durch die Abfälle der Stadt in die Bäche gelangen, sind in ihrer grössten Menge leicht zersetzlich.

Diese Sätze geben eine genügende vorläufige Erklärung auch für das, was wir in unseren Versuchen gesehen und konstatirt haben.

Wir glauben als Schlusswort unserer Arbeit darum aussprechen zu dürfen:

In den Fäulniskeimen, die eine Stadt mit ihren Auswurfstoffen einem Flusse überantwortet, liegt zum guten Theil auch wieder die Ursache für die Reinigung des Flusses.

Schliesslich sei es mir gestattet, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. *Kunkel*, unter dessen Anleitung ich die Versuche im pharmakologischen Institute der hiesigen Hochschule ausführte, meinen verbindlichsten und innigsten Dank auszusprechen.